桑叶的营养价值及其在动物生产中的应用

曾　珠　余　冰　虞　洁　陈代文*

（四川农业大学动物营养研究所，动物抗病营养教育部重点实验室，成都 611130）

摘　要：桑叶含有较为平衡而丰富的营养成分和天然活性物质。作为饲料原料，其适口性良好，营养价值和饲用价值较高，可以改善畜禽健康和提高产品品质风味，已成为饲料资源开发的热点。本文就桑叶的化学组成、营养价值及其在动物生产中的应用进行了综述，并提出了今后需要进一步研究的问题。

关键词：桑叶；化学组成；营养价值；应用；综述

中图分类号：S816　　文献标识码：A　　文章编号

桑叶来源于桑科植物桑（*Morus alba* L.）的叶，本属植物是一种适宜在温暖地带栽种的植物。我国幅员辽阔，气候复杂，是世界蚕桑生产的发源地，桑树的自然分布和人工种植几乎遍及全国，尤其集中在江浙一带、四川盆地、广东、山东等大面积种植桑树的地区[1]。桑叶在我国已有 4 000 年的栽培历史，中医又称“铁扇子”，1993 年被国家卫生部列为“药食两用”植物，含有多种功能成分，是植物中叶蛋白质含量较高的一种[2]。作为传统农牧业生产中家蚕的饲料，桑叶并未充分发掘其潜力[3]。近年来，随着新型饲料资源开发的进展，以及人们对桑叶认识和研究的加深，桑叶已被逐步应用于饲料工业和养殖业中，并展现出了特殊的饲用价值[4]。本文旨在对桑叶的营养价值及在不同动物上的应用效果进行初步综述，为深入研究提供参考。

1　桑叶的化学组成

桑叶的化学组成十分复杂，其成分和含量受多种因素影响[5]，水分含量 61%~79%，风

收稿日期：2017-08-18
基金项目：国家生猪技术产业体系（CARS-36）
作者简介：曾　珠(1990—)，女，重庆人，硕士研究生，从事猪的营养研究。E-mail: zengzhu123@hotmail.com
*通信作者：陈代文，教授，博士生导师，E-mail: dwchen@sicau.edu.cn

干基础下部分养分含量见表 1[6]。

表 1　桑叶营养成分含量（风干基础）

Table 1　Nutrient contents of mulberry leaves (air-dry basis)

项目 Items	含量 Content
水分 Moisture	61.74%~79.30%
粗蛋白质 CP	13.61%~24.97%
可溶性糖 SS	3.99%~17.44%
粗灰分 Ash	0.09%~0.23%
可溶性膳食纤维 SDF	0.02~0.32 g/g
钙 Ca	1.05%~4.33%
磷 P	0.16%~0.62%
硫 S	0.12%~0.32%
镁 Mg	0.11%~0.45%
铁 Fe	135.29~314.66 mg/g
锰 Mn	18.65~124.75 mg/g
锌 Zn	17.95~45.86 mg/g
铜 Cu	6.85~25.81 mg/g

在组成桑叶蛋白质的氨基酸中，谷氨酸含量最高，占氨基酸总量的 13.7%，其次是天冬氨酸，占氨基酸总量的 12.3%[2]；动物必需氨基酸的含量为 3.28%，占氨基酸总量的 32.61%，其中赖氨酸的含量为 0.45%，占总氨基酸总量的 4.51%[4]。根据氨基酸比值系数法计算得到的氨基酸比值系数分（SRCAA）可用来评价蛋白质营养价值的高低，该值越接近 100，表明营养价值越高。有研究发现，桑叶的 SRCAA 为 69.71，与猪肉（74）、牛肉（76）营养价值接近，高于许多植物蛋白质[2]，是一种值得开发利用的优良蛋白质资源。

桑叶中含饱和脂肪酸 13 种，不饱和脂肪酸 5 种，分别占脂肪酸总量的 49.31%和 43.87%。不饱和脂肪酸中含量最高的是亚麻酸（22.99%），其余为亚油酸（13.40%）、油酸（3.17%）、棕榈油酸（3.05%）、花生四烯酸（1.26%），不饱和脂肪酸几乎占到脂肪酸总量的 1/2[7]。

桑叶中的碳水化合物主要是葡萄糖、半乳糖、甘露糖、果糖等单、双糖及多种多聚糖，其纤维含量达 52.9%，超过蔬菜和水果的含量[8]。

桑叶中含多种生物活性物质。韩国学者 Kim 等[9]从桑叶中分离出 9 种类黄酮。黄酮及黄酮苷类化合物是桑叶化学成分中研究最多的结构和成分比较明确的一类化合物[10]。桑叶也是所有植物茎叶中黄酮类化合物含量较高的一种，其总黄酮的含量占干重的 1.0%~3.0%[11]。

生物碱是桑叶中主要活性成分之一，桑叶中含有芸香苷、槲皮素、异槲皮素以及芦丁、黄芪苷、异戊烯基黄烷等黄酮类化合物，其中以芦丁、异槲皮素含量较高。日本学者 Asano 等[12]从桑叶中分离出 6 种生物碱，并确定了其结构，包括 1-脱氧野尻霉素（1-deoxynojirimycin，DNJ）等。DNJ 是一种天然糖的类似物，极性很大，在植物中唯有桑叶含有。

桑叶中多酚的含量和桑树的种质资源以及桑叶的采收季节、叶位、生长阶段等有关，差异较大，变幅为 7.84~17.28 mg/g，其中野生品种的桑叶中的多酚含量普遍高于栽培品种[13]。Paola Dugo 等[14]利用高效液相色谱-离子阱-飞行时间质谱（HPLC-MS-IT-TOF）联用技术对桑叶的多酚类化合物进行了定性分析，鉴定出了 22 种多酚类物质，主要为绿原酸及其异构体、异槲皮素、芦丁、槲皮素、对羟基肉桂酸、咖啡酸、7-羟基香豆素、槲皮素葡萄糖苷及其衍生物、山奈酚葡萄糖苷及其衍生物和异鼠李素葡萄糖苷等。

桑叶中γ-氨基丁酸（GABA）含量丰富，高达 2.2 mg/g。γ-氨基丁酸是由谷氨酸转化而来，桑叶中谷氨酸含量高达 23.23 mg/g[15]。

宫司进之[16]制备了大花紫薇与桑叶提取物的混合物，发现此混合物对四氧嘧啶糖尿病模型大鼠的血糖水平升高有抑制作用，认为起降血糖作用的主要活性成分为科罗索酸和 maron A。

2 桑叶的营养价值和保健功能

目前关于桑叶对畜禽的有效能值影响的研究报道较少。王雯熙等[17]使用压力传感器法对 29 种桑叶的代谢能进行了估测，其中以改良鼠返品种代谢能估测值最高，为 5.05~8.09

MJ/kg DM，而刘红等[4]通过体内瘤胃降解试验计算出桑叶的代谢能高达 8.94 MJ/kg。类似的，黄璇等[18]测得桂桑优 12 号桑叶的代谢能为 8.68 MJ/kg，吴超等[19]向中华绿蛋鸡饲粮中添加 10%的桑叶，得出桑叶对中华绿蛋鸡的代谢能为 9.89 MJ/kg。彭廉宾[20]研究发现，干桑叶的总能为 15.79 MJ/kg，对猪的消化能为 9.66 MJ/kg。杨静等[21]利用胎次一致的杜×大×长三元杂交去势公猪，测定出桑粉的总能为 15.70 MJ/kg，消化能为 10.66 MJ/kg，总能表观消化率为 68.04%，粗蛋白质表观消化率为 76.49%，粗脂肪表观消化率 29.77%，粗纤维表观消化率为 31.52%，无氮浸出物表观消化率为 81.91%。

作为畜禽饲料，桑叶对各种反刍或非反刍畜禽都具有很好的适口性。即便是第一次尝试桑叶，动物也能顺利接受并采食；当动物已经熟悉并适应了桑叶，比起其他饲草，它则会优先选择采食桑叶[4]。有研究通过饲喂 2 只同样大小的绵羊相同重量的苜蓿和桑叶发现，比起苜蓿，2 只绵羊均优先采食桑叶，而对桑叶食用量也多于苜蓿，且饲喂桑叶的试验羊增重显著快于饲喂苜蓿的试验羊[22]。将桑叶应用于畜禽养殖中，动物生长得更快、更健康[23]，可以明显改善畜禽生产性能和免疫力，提高畜禽产品品质，降低饲养成本。

桑叶中所含的多种生物活性物质具有明显的保健功能。亚麻酸（ω-3 型不饱和脂肪酸）具有降低血脂和血压的功效，在抗动脉粥样硬化和抗血栓形成方面都有很好的疗效，对防治心血管疾病和高血脂病都有作用[24]。亚油酸是人体所需的必需脂肪酸，通过促进胆固醇和胆汁酸的排出而防止胆固醇在血管壁的沉积，可达到降低血液中胆固醇含量的目的[7]。桑叶中的黄酮类化合物是天然的抗氧化剂，可清除人体中超氧阴离子自由基、羟自由基和脂类有机自由基，具有降低糖尿病患者血糖水平、减少血清脂质含量和抗动脉粥样硬化行程等作用[25]。Kimura 等[26]观察了 6 种桑叶生物碱对链脲佐菌素（STZ）引起的糖尿病小鼠的降血糖作用，试验结果表明 N-甲基-脱氧野尻霉素（N-Me-DNJ）、2-氧-α-*D*-半乳吡喃糖苷-脱氧野尻霉素（Gal-DNJ）、桑多酚（fagomine）都能明显降低血糖水平，其中 Gal-DNJ 和 fagomine

降血糖作用较强。李有贵等[27]提取不同野生桑中的 DNJ 进行体外抑制活性测定，结果表明桑叶中的 DNJ 对蔗糖酶、麦芽糖酶具有较强的体外抑制作用，并可通过结合蔗糖酶-蔗糖复合物来抑制催化二糖降解为单糖，从而延缓肠道对碳水化合物的吸收，延阻血糖水平的急剧升高。还有研究显示桑叶 DNJ 提取物能够影响脂质代谢酶（脂肪酸合成酶、苹果酸酶、酰基辅酶 A）活性，抑制肠道内胆固醇的吸收，从而降低血脂水平[28-29]。桑叶多糖具有降血糖、降血脂、抗氧化、抗衰老、增强免疫等多种药理作用。张琳华[30]研究表明，桑叶多糖对四氧嘧啶（alloxan，ALX）型糖尿病大鼠有明显的治疗作用。王向阳等[31]研究表明，口服桑叶多糖对四氧嘧啶诱导的糖尿病小鼠具有显著的降血糖功能。谢克英等[32]发现，果桑叶多糖在质量浓度为 0.8 mg/mL 时有最高的羟自由基清除作用，清除率可达 90.8%。γ-氨基丁酸对人体具有降血压、防止神经细胞过度兴奋、抗焦虑的作用[33]。然而，桑叶中的生物活性物质对畜禽保健功效的研究未见报道。

3 桑叶在畜禽以及水产养殖中的应用

3.1 家禽

桑叶在家禽的养殖生产中应用较多，不同研究表明在鸡饲粮中添加桑叶粉对蛋鸡产蛋性能的影响有差异，但都报道桑叶粉可以显著提高蛋品质。张晓梅等[34]在农大矮小型蛋鸡的饲粮中添加 2.5%、5.0%、7.5%和 10.0%的桑叶，结果发现，添加 7.5%和 10.0%的组比对照组的蛋重和产蛋率略有降低。刘小明等[35]在罗曼蛋鸡饲粮中分别添加 3%、6%、9%和 12%的桑叶粉，结果表明，不同组间日产蛋量随着桑叶粉添加量的增加而下降；试验组的总产蛋量、平均产蛋率、平均蛋重均低于对照组，其中桑叶粉的添加量为 9%和 12%时的平均蛋重和产蛋率与对照组相比显著降低。吴萍等[36]用桑叶粉分别代替罗曼褐蛋鸡基础饲粮的 2%、4%、6%和 8%，结果发现，平均日采食量和平均日产蛋量随桑叶粉替代比例的增加而逐渐下降，但各试验组的蛋黄色泽均极显著提高，但桑叶粉替代比例达到 8%时血清总蛋白、球

蛋白及白蛋白水平显著下降，产蛋量和平均日采食量极显著下降，但对蛋黄重量及胆固醇、高密度、低密度脂蛋白含量以及蛋壳厚度和蛋壳强度等蛋品质指标无显著影响。张雷等[37]研究表明，在海兰灰蛋鸡饲粮中添加 5%、10%、15%的桑叶粉时，蛋黄色泽与对照组相比均差异显著，且 10%、15%添加组的哈夫单位和全蛋蛋白质含量显著高于其他 2 组，15%添加组的蛋黄胆固醇含量显著低于其他组。章学东等[38]在海兰灰蛋鸡饲粮中添加 5%、10%、15%的桑叶粉时，蛋鸡的产蛋率、蛋重和产蛋量等指标均低于对照组，平均产蛋率随桑叶粉添加量的增加而趋于下降，15%添加组要比对照组低 14.1%，差异达显著水平；此外，添加桑叶粉组蛋鸡的血清葡萄糖、总胆固醇、甘油三酯含量以及蛋黄胆固醇含量等指标均低于对照组，其中，15%添加组与对照组相比差异显著，3 个添加组的蛋黄色泽与对照组相比均差异显著，10%、15%添加组的蛋清哈夫单位较其他 2 组有显著提高。刘美玉等[39]用桑叶粉分别代替农大矮小型蛋鸡基础饲粮的 2.5%、5.0%、7.5%和 10.0%，结果表明，蛋黄颜色随着桑叶粉添加量的增加而逐渐变深，添加桑叶组的蛋黄饱和脂肪酸含量较对照组显著降低，多不饱和脂肪酸与单不饱和脂肪酸含量较对照组极显著提高，5.0%和 7.5%添加组的必需氨基酸总量较对照组极显著增加，10%添加组蛋黄中维生素 E 含量比对照组提高近 3 倍，添加桑叶组的鸡蛋无论在气味上还是在口感上都比对照组好。孙振国等[40]在蛋鸡饲粮中添加桑叶粉后也发现，添加桑叶粉能极显著提高蛋黄色泽、红值，能极显著提高β-胡萝卜素、维生素 E、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸及卵磷脂的含量，提高鸡蛋的营养品质。

桑叶粉的添加还有利于改善肌肉品质，减少环境污染。Margareta 等[41]研究发现，在肉鸡饲粮中添加 2%和 5%的桑叶对采食量、日增重、饲料转化率均无显著影响，但显著提高了胸肌中多不饱和脂肪酸的含量，同时显著降低了胸肌中饱和脂肪酸的含量以及ω-6 与ω-3 比值。兰翠英等[42]报道，桑叶粉的添加具有降低广西青脚麻公鸡腹脂率、肌内脂肪含量以及肌肉不饱和脂肪酸含量和ω-6 与ω-3 比值，提高肌肉不饱和脂肪酸、ω-3 脂肪酸含量的效

果。吴东等[43]研究表明，在淮南麻黄鸡饲粮中添加 3%、5%和 7%的桑叶粉对肉鸡增重、料增重比和屠宰性能的影响均不显著，但都能改善肉色，且饲粮中添加 3%的桑叶粉可显著提高肌肉中苏氨酸、异亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、组氨酸的含量。研究发现，在鸡饲粮中加 10%左右桑叶粉，既能减少雏鸡互啄尾羽现象，还能减少鸡粪便中氨气的含量，减少环境污染[44]。

3.2 猪

在猪饲粮中添加桑叶粉对猪肉品质和风味有明显的改善作用。杨静[45]的研究表明，饲粮中添加 10%、15%、20%的饲用桑粉对平均日增重无显著影响，但可减缓猪屠宰后肌肉 pH 的下降速度；与对照组相比，10%、15%、20%组的肌内脂肪含量分别提高了 12.99%、9.97%和 17.22%，15%、20%组的背膘厚度与 10%组相比分别降低了 6.60%和 8.03%，15%组的肌肉饱和脂肪酸含量比对照组降低了 7.32%，而肌肉不饱和脂肪酸含量比对照组提高了 4.55%，10%、15%组肌肉氨基酸总量显著高于对照组，鲜味氨基酸的含量较对照组有不同程度的升高。李有贵等[46]研究表明，在育肥猪饲粮中添加 10%的桑叶时，肌肉肌苷酸含量显著升高；添加桑叶量为 20%时，料肉比显著提高，对胴体率没有显著影响，肌内脂肪含量显著提高，肌肉 pH 下降速度减缓，猪板油率和背膘厚显著降低，作用机理是通过调控育肥猪蔗糖酶、脂肪酶及肝脏糖代谢酶活性达到对脂肪代谢和沉积的调控。宋琼莉等[47]研究表明，在杜×大×长三元杂交育肥猪饲粮中添加 15%的桑叶粉能显著降低育肥猪的平均日增重和显著提高料重比，显著降低平均背膘厚和肌肉总胆固醇含量；添加 5%、10%、15%的桑叶粉能显著提高肌肉中超氧化物歧化酶的活性，降低肌肉中丙二醛的含量，有效提高肌肉的抗氧化能力。郭建军等[48]研究发现，在繁殖母猪饲粮中加入 3%的桑叶粉可使繁殖母猪产后发情间隔更短，提高产仔数，并能改善繁殖母猪的身体状况，提高猪奶的营养水平，从而提高仔猪的初生重、断乳重和成活率。用桑叶替换一定比例的基础饲粮后，除了基本营养作用以外，桑叶中所含

的功能性成分也有重要的作用。比如，桑叶中 DNJ 和类黄酮等物质具有阻止碳水化合物向脂肪转化的作用，导致动物体脂转化、脂肪沉积受阻，从而增加猪的瘦肉率，降低猪的板油率，更能满足人们对健康饮食的需求[49]。因此，在猪的饲粮中添加一定量的桑叶可以提高猪肉的品质，改善风味，降低饲养成本。

3.3 草食动物

添加桑叶可改善草食动物的瘤胃发酵，从而对动物机体有一定的改善作用。Huyen 等[50]研究发现，杂交肉牛每天采食 200、400、600 g 桑叶粉可线性提高瘤胃中总挥发性脂肪酸、乙酸、丁酸以及乙酸和丙酸的比值，改善了氮平衡，并提高了干物质采食量以及干物质、有机物、粗蛋白质、中性洗涤纤维及酸性洗涤纤维的消化率。郭建军等[51]在育肥牛饲粮中添加一定量的桑叶粉，试验组育肥牛被毛柔顺有光泽，体躯匀称，饲料报酬提高，当添加 10%桑叶粉时，试验组育肥牛的生长速度比对照组有显著提高。有学者研究发现，以桑叶替代阉羊饲粮中的苜蓿后，其粗蛋白质消化率接近苜蓿，在牛的试验中也得到相同的结果，且添加桑叶不影响瘤胃液 pH，可以更好地控制胃氮平衡[52]。Jeon 等[53]报道，在肉牛饲粮中添加青贮桑叶能够显著增加牛肉中脂肪酸的含量。杨春涛等[54]研究表明，桑叶黄酮有助于提高断奶前犊牛总能代谢率和氮的生物学价值，提高断奶后犊牛总能代谢率和氮的利用率，降低粪能和总排出氮量，同时具有改善瘤胃发酵的作用。李昊帮等[55]研究表明，山羊采食含 5%、10%、15%桑叶粉的饲粮后，各组瘤胃液 pH 无显著差异，15%组瘤胃氨氮浓度显著降低，10%组瘤胃总挥发性脂肪酸和乙酸产量以及乙酸和丙酸的比值显著升高，表明桑叶粉对于山羊瘤胃发酵具有积极作用。

桑叶的添加还能在一定程度上促进草食动物的生长，降低饲养成本，对经济效益的提升有一定影响。吴配全等[56]研究表明，在育肥牛饲粮中添加 20%的发酵桑叶对日增重、采食量、饲料转化效率和血液生化指标均无显著影响，但可显著降低饲料成本。刘先珍等[57]研

究表明，用桑叶粉代替部分豆饼可显著提高中国荷斯坦奶牛的产奶量，降低饲料成本，提高经济效益。李伟玲[58]研究表明，在肉羊基础饲粮中添加一定量的桑叶粉可提高肉羊的日增重，羊肉中蛋白质、总氨基酸和必需氨基酸含量以及背腰最长肌中肌苷酸含量，其中15%桑叶粉组背腰最长肌中肌苷酸含量极显著高于对照组，5%和10%桑叶粉组背腰最长肌中肌苷酸含量均高于对照组；同时，还可增强肉羊血清中总超氧化物歧化酶、过氧化氢酶活性及总抗氧化能力，并降低丙二醛含量，提高肉羊的免疫力。

3.4 水产动物

随着鱼粉资源的紧缺和价格的日益昂贵，寻找替代鱼粉的植物蛋白质源已经成为了紧急需求。桑叶粉可以作为蛋白质源添加进水产饲料中，但其粗纤维较高，也存在很多抗营养因子，当其添加量过高时，会对水产动物造成一些负面影响。陈文燕等[59]的试验结果表明，当用桑叶发酵蛋白替代罗非鱼低鱼粉饲料（含5%鱼粉）中的鱼粉时，40%的替代量对罗非鱼的生长性能没有显著影响，80%的替代量则会显著降低罗非鱼的生长性能。马恒甲等[60]研究发现，饲料中5%的桑叶粉添加量对草鱼的生长性能没有显著影响，10%的添加量会显著降低草鱼的生长性能。由于桑叶在鱼采食后难以被消化，因此很难在鱼的饲料中大量添加。沈黄冕等[61]添加不同剂量的发酵桑叶来饲喂高脂血症罗非鱼，结果表明发酵桑叶能够降低高脂血症罗非鱼的血脂和血糖水平，提高机体的抗氧化能力。总而言之，桑叶粉可以少量替代鱼粉添加到水产动物饲料中，对水产动物的生长性能、消化没有负面影响，还可以提高机体的抗氧化能力，对鱼肉品质有改善作用，可以节约成本，但添加量不宜太高。

4 存在问题及发展趋势

虽然桑叶作为畜禽饲料原料已取得了一定的研究进展，但要更好地发挥桑叶的价值，还有不少问题有待深入研究。

一是化学组成问题。桑叶的化学组成和结构十分复杂，且受多种因素的影响，有待采用

现代分析手段准确检测不同品种、区域、栽培条件下新鲜和干燥桑叶的各种营养物质、抗营养因子、生物活性物质含量，建立桑叶或桑叶粉化学数据库。

二是营养价值问题。目前缺乏营养价值数据，需要系统开展动物营养价值评估试验，准确测定桑叶对各种动物的养分消化利用率，弄清有效能和有效养分含量，建立营养价值数据库。

三是纤维的开发利用问题。桑叶粗纤维含量高，桑叶的营养价值和饲用价值一定与粗纤维及其对肠道微生物菌群的影响有关。然而，关于桑叶中纤维物质的组成、结构、对肠道菌群与代谢的调控作用目前缺乏系统深入研究，已有零星研究报道了饲喂桑叶粉对肠道微生物的影响，但很不深入。桑叶纤维物质经过提取、分离、加工，可望开发出对肠道健康有较高保护效果的纤维产品。

四是生物活性物质的开发利用问题。桑叶中含量大量酮类、酚类、生物碱和多糖物质，具有特殊生物学功效。需要开展大量动物试验评估这些物质对动物健康、肠道微生物、生长发育、畜产品品质、排泄物组成的影响，以发挥桑叶的特殊营养保健或环境保护作用。

五是深加工问题。作为植物源性非常规饲料，桑叶也具有营养性、抗营养性和非营养性三重功效，由于抗营养性的存在，原样利用无法发挥其营养价值和特殊功效，必须进行深度加工改造。加工改造方式方法很多，如干燥粉粹、青贮、发酵、提取，但对加工工艺参数、加工后的营养价值及安全性需要系统评估。

六是饲用价值和饲用技术问题。不同状态或不同加工方式的桑叶产品在畜禽以及水产动物上的适宜饲喂量、饲喂方式、添加效应及经济生态效益需要进一步研究，构建科学合理的使用配套技术。

畜牧业可持续发展必须解决好资源、高效、安全、优质和生态问题，桑叶在解决这些问题中具有特殊作用。随着对桑叶及其加工方式的深入研究，桑叶及其制品的价值将会更加凸

显，其应用将更加广泛。

5 小 结

桑在我国的种植有着悠久的历史，除了作为中药材和用来养蚕外，桑叶的其他资源并未得到充分的利用，造成资源浪费，需要寻找探索桑叶的多用途开发。近年来，桑叶中丰富的营养和活性物质渐渐引起了畜牧业的关注，不仅可作为青绿饲料或蛋白质饲料，亦是生物活性物质的重要来源，在改善动物机体健康和提高畜禽产品品质上有明显功效，同时也能改良环境污染。但桑叶作为新型饲料资源，还有不少问题有待深入研究。随着科技的发展及其在桑叶开发中的应用，桑叶的价值将会得到更加充分的发挥。

参考文献：

[1]黄萍,杨飞云.桑叶作畜禽饲料的应用研究[J].四川畜牧兽医,2011,38(8):28–29,32.

[2]王芳,乔璐,张庆庆,等.桑叶蛋白氨基酸组成分析及营养价值评价[J].食品科学,2015,36(1):225–228.

[3]杜周和,刘俊凤,左艳春,等.桑叶的营养特性及其饲料开发利用价值[J].草业学报,2011,20(5):192–200.

[4]刘红,叶志毅.桑叶为畜禽饲料的利用价值评价[J].饲料研究,2001(9):13–14.

[5]张俊,颜新培,龚昕,等.15 个桑品种不同季节桑叶的游离氨基酸含量及主成分分析[J].蚕业科学,2016(1):131–142.

[6]郑莎,曾卫湘,韩冷,等.45 个桑种质和品种资源叶的营养品质综合评价[J].食品科学,2017,38(8):159–163.

[7]周永红.桑叶中脂肪酸的 GC-MS 分析[J].广西科学,2004,11(2):116–117,120.

[8]李勇,苗敬芝.桑叶的功能性成分及保健制品的开发[J].中国食物与营养,1999(3):25.

[9]KIM S Y,GAO J J,LEE W C et al.Antioxidative flavonoids from the leaves of Morus alba[J].Archives of Pharmacal Research,1999,22(1):81–85.

[10]欧阳臻,陈钧.桑叶的化学成分及其药理作用研究进展[J].江苏大学学报:自然科学版,2003,24(6):39–44.

[11]张传部.桑叶及其保健饮料中总黄酮含量测定的研究[J].食品科技,2000(2):53.

[12]ASANO N,TOMIOKA E,KIZU H,et al.Sugars with nitrogen in the ring isolated from the leaves of Morus bombycis[J].Carbohydrate Research,1994,253:235–245.

[13]沈维治,廖森泰,邹宇晓,等.不同类型桑种质资源的桑叶总多酚及单体酚类物质含量测定[J].蚕业科学,2014,40(3):493–497.

[14] PAOLA D ,PAOLA HYPERLINK "http://www.x-mol.com/journal/advanceSearchResult?author=Donato,%20Paola" \t "_blank" D ,CACCIOLA F.Characterization of the polyphenolic fraction of Morus alba leaves extracts by HPLC coupled to a hybrid IT-TOF MS system[J].Journal of Separation science 2009,32(21)：3627-3634.

[15]金丰秋,金其荣.新型功能性饮品——桑茶[J].食品科学,1999,21(4):30–32.

[16] 宫司进之.大花紫薇和桑叶提取物对大鼠血糖值的影响[J].国外医学：中医中药分册，2000,22(4):232.

[17]王雯熙,杨红建,薄玉琨,等.不同品种桑叶营养成分分析与代谢能值评定研究[J].中国畜牧杂志,2012,38(3):41–45.

[18]黄璇,孙鏖,李闯,等.鹅对桑叶代谢能与养分利用率测定[J].家畜生态学报,2015,36(1):38–41.

[19]吴超,廖阳慈,于中英,等.饲喂桑树叶的中华绿蛋鸡表观代谢能值的测定[J].饲料工业,2014,35(1):60–61.

[20]彭廉宾.树叶的饲用价值[J].饲料与畜牧,2000(4):27–29.

[21]杨静,曹洪战,李同洲,等.饲料桑粉对生长育肥猪的营养价值评定[J].中国兽医学报,2015,35(8):1371–1374.

[22]徐万仁.利用桑叶作为家畜饲料的可行性[J].中国草食动物科学,2004,24(5):39–41.

[23]邱时秀,吴永胜,李娟,等.桑叶在畜禽养殖中的饲用价值研究[J].四川畜牧兽医,2015,42(12):32–33,36.

[24]陈其秀,吴宁远,高建平,等.枸杞籽油脂的提取及其成分测定[J].中国油脂,2000,25(2):53–54.

[25]李向荣,方晓,俞灵莺.桑叶黄酮抗氧化及抑制蛋白糖基化作用[J].浙江大学学报:农业与生命科学版,2005,31(2):203–206.

[26]KIMURA M,CHEN F,NAKASHIMA N,et al.Antihyperglycemic effects of N-containing sugars derived from mulberry leaves in streptozocin-induced diabetic mice[J].Wakan Iyakugaku Zasshi,1995,12(3):214–219.

[27]李有贵,储一宁,钟石,等.59 份野生桑桑叶中的 DNJ 含量及粗提物对α-糖苷酶的抑制活性[J].蚕业科学,2010,36(5):729–737.

[28]彭延古,葛金文,付灿云,等.桑叶提取液对凝血机制的影响[J].湖南中医药大学学报,2002,22(4):21–23.

[29]杨小蓉,邢军,江岩.桑叶 DNJ 的分离纯化及其生物活性研究进展[J].食品工业,2015,36(9):233–236.

[30]张琳华.桑叶多糖提取分离纯化工艺的研究及其结构性质的初探[D].硕士学位论文.天津:天津大学,2005.

[31]王向阳,俞兴伟,仝义超.桑叶多糖的提取与降血糖功能研究[J].中国食品学报,2014,14(9):63–67.

[32]谢克英,鲁慧芳,杨会会,等.果桑叶多糖的抗氧化作用研究[J].农产品加工·学刊:中,2014(7):52–53,57.

[33]张军,穆莉.5 种桑叶茶中氨基酸成分分析[J].北方蚕业,2005,26(3):39–41.

[34]张晓梅,任发政,葛克山.饲料中添加桑饲料对蛋鸡生产性能和鸡蛋品质的影响[J].食品科学,2007,28(3):89–91.

[35]刘小明,曹玉华.饲料中添加桑叶粉对蛋鸡产蛋性能和鸡蛋品质的影响[J].湖南农业科学,2011(6):132–133,136.

[36]吴萍,李龙,杨海明,等.日粮中添加桑叶粉对蛋鸡血液生化指标及蛋品质的影响[J].饲料工业,2014,35(7):36–38.

[37]张雷,章学东,李庆海,等.日粮中添加桑叶粉对海兰灰蛋鸡的血清蛋白、血脂及蛋品质的作用[J].中国畜牧兽医文摘,2012(12):208–209,153.

[38]章学东,李有贵,张雷,等.桑叶粉对蛋鸡生产性能、蛋品质和血清生化指标的影响研究[J].中国家禽,2012,34(16):25–28.

[39]刘美玉,张晓梅,连海平,等.桑叶饲料添加剂对鸡蛋黄品质的影响[J].食品科学,2013,34(5):223–227.

[40]孙振国,裴来顺.桑叶粉对蛋鸡生产性能及蛋品质的影响研究[J].畜牧兽医杂志,2011,30(5):18–21.

[41] MARGARETA O,DIANA C R,MARIA C G,et al.Effect of dietary mulberry (Morus alba) leaves on performance parameters and quality of breast meat of broilers[J].Indian Journal of Animal Sciences,2015,85(3):291–295.

[42]兰翠英,董国忠,黄先智,等.桑叶粉对肉鸡生长性能和屠宰性能及肉质的影响[J].中国畜牧杂志,2012,48(13):27–31.

[43]吴东,钱坤,周芬,等.日粮中添加不同比例桑叶对淮南麻黄鸡生产性能的影响[J].家畜生态学报,2013,34(10):39–43.

[44]曹阳,姜慧新,张磊.桑叶的营养价值及在畜禽生产中的应用[J].当代畜牧,2016(9):30–32.

[45]杨静.饲料桑粉的营养价值评定及在生长育肥猪日粮中的应用研究[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2014.

[46]李有贵,张雷,钟石,等.饲粮中添加桑叶对育肥猪生长性能、脂肪代谢和肉品质的影响[J].动物营养学报,2012,24(9):1805–1811.

[47]宋琼莉,韦启鹏,邹志恒,等.桑叶粉对育肥猪生长性能、肉品质和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(2):541–547.

[48]郭建军,李晓滨,齐雪梅等.饲料中添加桑叶对种母猪繁殖性能的影响[J].中国畜禽种业,2010,6(9):63–64.

[49]张雷,徐洪泉,童训权,等.饲粮添加桑叶粉和复合酶对长淳猪生产性能、肌内脂肪和血脂的影响[J].杭州农业与科技,2016(4):32–34.

[50]HUYEN N T,WANAPAT M,NAVANUKRAW C.Effect of Mulberry leaf pellet (MUP) supplementation on rumen fermentation and nutrient digestibility in beef cattle fed on rice straw-based diets[J].Animal Feed Science and Technology,2012,175(1/2):8–15.

[51] 郭建军,李晓滨,齐雪梅,等.饲料中添加桑叶对育肥牛增重的影响[J].当代畜牧,2010(9):31–32.

[52]KANDYLIS K,HADJIGEORGIOU I,HARIZANIS P.The nutritive value of mulberry leaves (*Morus alba*) as a feed supplement for sheep[J].Tropical Animal Health and Production,2009,41(1):17–24.

[53]JEON B T,KIM K H,KIM S J,et al.Effects of mulberry (*Morus alba* L) silage supplementation on the haematological traits and meat compositions of Hanwoo (Bos taurus coreanae) steer[J].African Journal of Agricultural Research,2012,7(4):662–668.

[54]杨春涛,刁其玉,曲培滨,等.热带假丝酵母菌与桑叶黄酮对犊牛营养物质代谢和瘤胃发酵的影响[J].动物营养学报,2016,28(1):224–234.

[55]李昊帮,曾佩,李晟,等.桑叶粉对湘东黑山羊瘤胃发酵参数的影响[J].家畜生态学报,2016,37(1):19–25.

[56]吴配全,任丽萍,周振明等.饲喂发酵桑叶对生长育肥牛生长性能、血液生化指标及经济效益的影响[J].中国畜牧杂志,2011,47(23):43–46.

[57] 刘先珍,朱建录.桑叶粉代替部分豆饼或精料喂奶牛的研究[J].现代农业科技,2006(5):65–66.

[58]李伟玲.桑叶对肉羊生产性能、血液生化指标、免疫抗氧化功能和肉品质的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古大学,2012.

[59]陈文燕,陈拥军,彭祥和,等.罗非鱼低鱼粉饲料中桑叶发酵蛋白替代鱼粉的研究[J].动物营养学报,2015,27(12):3968–3974.

[60] 马恒甲,刘新轶,谢楠,等.桑叶粉在草鱼饲料中的应用初探[J].杭州农业与科技,2013(3):29–30.

[61]沈黄冕,彭祥和,林仕梅,等.发酵桑叶对高脂血症罗非鱼血脂、血糖水平的调节作用[J].动物营养学报,2016,28(4):1250–1256.

Nutritional Value of Mulberry Leaf and Its Application in Animal Production

ZENG Zhu YU Bing YU Jie CHEN Daiwen*

(*Key Laboratory for Animal Disease-Resistance Nutrition of Ministry of Education, Institute of Animal Nutrition, Sichuan Agricultural University, Chengdu* 611130*, China*)

Abstract: Mulberry leaf contains relatively balanced and abundant nutrients, and natural active substances. As a feed ingredient, it has good palatability, comprehensive nutritional and special feeding value. Appropriate inclusion in diets could improve the health condition and product quality of livestock and poultry. These characteristics of mulberry leaf have made it to be a hot feed resource to be developed. This paper reviews the chemical compositions, nutritional values, and application results for livestock, poultry and aquaculture. Further research areas for maximizing the value of mulberry leaf are also presented for reference.

Key words: mulberry leaves; chemical composition; nutritional value; application; review

*Corresponding author, professor, E-mail: dwchen@sicau.edu.cn （责任编辑 菅景颖）